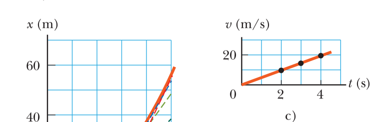
CAPÍTULO 1

1. 5.52×10^3 kg/m^3, entre la densidad del aluminio y la del hierro, y mayor que las densidades de rocas superficiales representativas
3. 23.0 kg
5. 7.69 cm
7. b) sólo
9. Las unidades de G son m^3/kg · s^2
11. 1.39×10^3 m^2
13. No con las páginas del volumen 1, pero sí con las páginas de la versión completa. Cada página tiene un área de 0.059 m^2. La habitación tiene 37 m^2 de área de pared, lo que requiere 630 hojas, que se contarían como 1 260 páginas.
15. 11.4×10^3 kg/m^3
17. a) 250 años b) 3.09×10^4 veces
19. 1.00×10^{10} lb
21. 151 μm
23. 2.86 cm
25. $\sim 10^6$ pelotas
27. $\sim 10^2$ kg; $\sim 10^3$ kg
29. $\sim 10^2$ afinadores
31. a) 3 b) 4 c) 3 d) 2
33. a) 797 b) 1.1 c) 17.66
35. 8.80%
37. 9
39. 63
41. 108° y 288°
43. 48.6 kg
45. a) menor en nueve veces b) Δt es inversamente proporcional a d^2 c) Grafique Δt en el eje vertical y $1/d^2$ en el eje horizontal d) $4QL/[k\pi(T_h - T_c)]$
47. a) $m = 346\text{ g} - (14.5\text{ g/cm}^3)a^3$ b) $a = 0$ c) 346 g d) sí e) $a = 2.60$ cm f) 90.6 g g) sí h) 218 g i) No; 218 g no es igual a 314 g. j) Los incisos b), c) y d) describen una esfera sólida uniforme con $\rho = 4.70$ g/cm^3 conforme a tiende a cero. Los incisos e), f) y g) describen una gota líquida uniforme con $\rho = 1.23$ g/cm^3 conforme a tiende a 2.60 cm. La función $m(a)$ no es una función lineal, así que a a la mitad entre 0 y 2.60 cm no da un valor para m a la mitad entre los valores mínimo y máximo. La gráfica de m en función de a comienza en $a = 0$ con una tangente horizontal. Luego se curva hacia abajo cada vez más pronunciada conforme a aumenta. La gota líquida de 1.30 cm de radio tiene sólo un octavo del volumen de toda la esfera, así que su presencia reduce la masa sólo por una pequeña cantidad, de 346 g a 314 g. k) La respuesta no cambiaría en tanto la pared del cascarón no esté rota.
49. 5.0 m
51. $0.579t$ pies^3/s + $(1.19 \times 10^{-9})t^2$ pies^3/s^2
53. 3.41 m
55. 0.449%
57. a) 0.529 cm/s b) 11.5 cm/s
59. 1×10^{10} gal/años

CAPÍTULO 2

1. a) 5 m/s b) 1.2 m/s c) −2.5 m/s d) −3.3 m/s e) 0
3. a) 3.75 m/s b) 0
5. a) −2.4 m/s b) −3.8 m/s c) 4.0 s
7. a) y c)



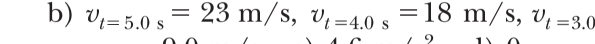
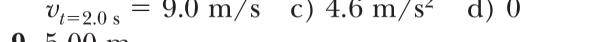
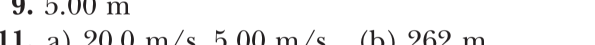
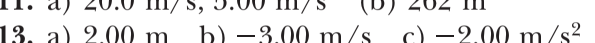
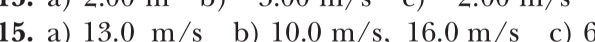
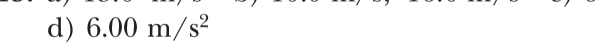
b) $v_{t=5.0\text{ s}} = 23$ m/s, $v_{t=4.0\text{ s}} = 18$ m/s, $v_{t=3.0\text{ s}} = 14$ m/s, $v_{t=2.0\text{ s}} = 9.0$ m/s c) 4.6 m/s^2 d) 0
9. 5.00 m
11. a) 20.0 m/s, 5.00 m/s (b) 262 m
13. a) 2.00 m b) −3.00 m/s c) −2.00 m/s^2
15. a) 13.0 m/s b) 10.0 m/s, 16.0 m/s c) 6.00 m/s^2 d) 6.00 m/s^2
17. a)













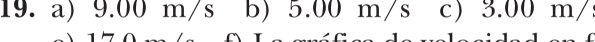
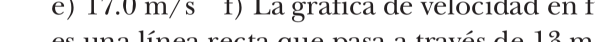


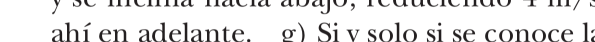
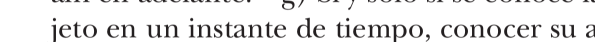






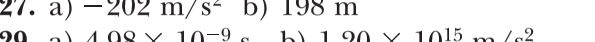
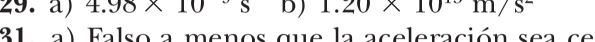
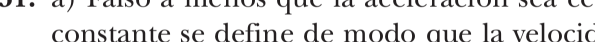
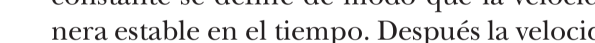
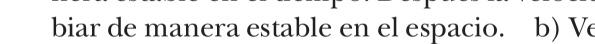


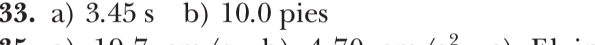
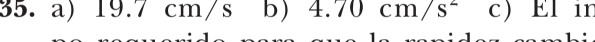
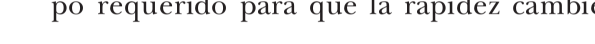





















19. a) 9.00 m/s b) 5.00 m/s c) 3.00 m/s d) −3.00 m/s e) 17.0 m/s f) La gráfica de velocidad en función del tiempo es una línea recta que pasa a través de 13 m/s a las 10:05 a.m., y se inclina hacia abajo, reduciendo 4 m/s cada segundo de ahí en adelante. g) Si y solo si se conoce la velocidad del objeto en un instante de tiempo, conocer su aceleración dice su velocidad en cualquier otro momento, en tanto la aceleración sea constante.
21. −16.0 cm/s^2
23. a) 20.0 s b) No puede; necesitaría una pista más larga.
25. 3.10 m/s
27. a) −202 m/s^2 b) 198 m
29. a) 4.98×10^{-9} s b) 1.20×10^{15} m/s^2
31. a) Falso a menos que la aceleración sea cero. La aceleración constante se define de modo que la velocidad cambia de manera estable en el tiempo. Después la velocidad no puede cambiar de manera estable en el espacio. b) Verdadero. Ya que la velocidad cambia de manera estable en el tiempo, la velocidad a la mitad de un intervalo es igual al promedio de sus valores inicial y final.
33. a) 3.45 s b) 10.0 pies
35. a) 19.7 cm/s b) 4.70 cm/s^2 c) El intervalo de tiempo requerido para que la rapidez cambie entre Ⓐ y Ⓑ es

suficiente para encontrar la aceleración, más directamente de lo que podría encontrarla a partir de la distancia entre los puntos.
37. Ignore la resistencia del aire. Suponga que el tiempo de vuelo del trabajador, "una milla", y "un dólar" se midieron a tres cifras de precisión. Se interpretó "en el cielo permaneció" como referencia al tiempo de caída libre, no a los tiempos de lanzamiento y aterrizaje. Por lo tanto, el salario fue de \$99.3/h.
39. a) 10.0 m/s arriba b) 4.68 m/s abajo
41. a) 29.4 m/s b) 44.1 m
43. a) 7.82 m b) 0.782 s
45. 38.2 m
47. a) $a_x(t) = a_{xi} + Jt$, $v_x(t) = v_{xi} + a_{xi}t + \frac{1}{2}Jt^2$, $x(t) = x_i + v_{xi}t + \frac{1}{2}a_{xi}t^2 + \frac{1}{6}Jt^3$
49. a) 0 b) 6.0 m/s^2 c) −3.6 m/s^2 d) 6 s y 18 s e) 18 s f) 84 m g) 204 m
51. a) 41.0 s b) 1.73 km c) −184 m/s
53. a) 5.43 m/s^2 y 3.83 m/s^2 b) 10.9 m/s y 11.5 m/s c) Maggie por 2.62 m
55. 155 s, 129 s
57. a) 3.00 s b) −15.3 m/s c) 31.4 m/s abajo y 34.8 m/s abajo
59. a) 5.46 s b) 73.0 m c) $v_{\text{Stan}} = 22.6$ m/s, $v_{\text{Kathy}} = 26.7$ m/s
61. a) sí, a dos cifras significativas b) 0.742 s c) Sí; la distancia de frenado es proporcionar al cuadrado de la rapidez original. d) −19.7 pies/s^2 = −6.01 m/s^2
63. 0.577 v

CAPÍTULO 3

1. (−2.75, −4.76) m
3. a) 2.24 m b) 2.24 m a 26.6°
5. a) r, 180° − θ b) 2 r, 180° + θ c) 3 r, −θ
7. 70.0 m
9. a) 10.0 m b) 15.7 m c) 0
11. a) 5.2 m a 60° b) 3.0 m a 330° c) 3.0 m a 150° d) 5.2 m a 300°
13. aproximadamente 420 pies a −3°
15. 47.2 unidades a 122°
17. Sí. La rapidez del remolque debería ser 28.3 m/s o mayor.
19. a) $(-11.1\hat{\mathbf{i}} + 6.40\hat{\mathbf{j}})$ m b) $(1.65\hat{\mathbf{i}} + 2.86\hat{\mathbf{j}})$ cm c) $(-18.0\hat{\mathbf{i}} - 12.6\hat{\mathbf{j}})$ pulg.
21. 358 m a 2.00° SE
23. 196 cm a 345°
25. a) $2.00\hat{\mathbf{i}} - 6.00\hat{\mathbf{j}}$ b) $4.00\hat{\mathbf{i}} + 2.00\hat{\mathbf{j}}$ c) 6.32 d) 4.47 e) 288°, 26.6°
27. 9.48 m a 166°
29. 4.64 m a 78.6° NE
31. a) 185 N a 77.8° desde el eje +x b) $(-39.3\hat{\mathbf{i}} - 181\hat{\mathbf{j}})$ N
33. $|\vec{\mathbf{B}}| = 7.81$, $\theta_x = 59.2°$, $\theta_y = 39.8°$, $\theta_z = 67.4°$
35. a) 5.92 m es la magnitud de $(5.00\hat{\mathbf{i}} - 1.00\hat{\mathbf{j}} - 3.00\hat{\mathbf{k}})$ m b) 19.0 m es la magnitud de $(4.00\hat{\mathbf{i}} - 11.0\hat{\mathbf{j}} - 15.0\hat{\mathbf{k}})$ m
37. a) $8.00\hat{\mathbf{i}} + 12.0\hat{\mathbf{j}} - 4.00\hat{\mathbf{k}}$ b) $2.00\hat{\mathbf{i}} + 3.00\hat{\mathbf{j}} - 1.00\hat{\mathbf{k}}$ c) $-24.0\hat{\mathbf{i}} - 36.0\hat{\mathbf{j}} + 12.0\hat{\mathbf{k}}$
39. a) $(3.12\hat{\mathbf{i}} + 5.02\hat{\mathbf{j}} - 2.20\hat{\mathbf{k}})$ km b) 6.31 km
41. a) $-3.00\hat{\mathbf{i}} + 2.00\hat{\mathbf{j}}$ b) 3.61 a 146° c) $3.00\hat{\mathbf{i}} - 6.00\hat{\mathbf{j}}$
43. a) $49.5\hat{\mathbf{i}} + 27.1\hat{\mathbf{j}}$ b) 56.4 unidades a 28.7°
45. a) $[(5 + 11f)\hat{\mathbf{i}} + (3 + 9f)\hat{\mathbf{j}}]$ m, b) $(5\hat{\mathbf{i}} + 3\hat{\mathbf{j}})$ m es razonable porque es el punto de partida. c) $(16\hat{\mathbf{i}} + 12\hat{\mathbf{j}})$ m es razonable porque es el punto final.
47. 1.15°
49. 2.29 km
51. a) 7.17 km b) 6.15 km
53. 390 mi/h a 7.37° NE
55. $(0.456\hat{\mathbf{i}} - 0.708\hat{\mathbf{j}})$ m
57. 240 m a 237°
59. a) (10.0 m, 16.0 m) b) Llegará al tesoro si toma los árboles en cualquier orden. Las instrucciones lo llevan a la posición promedio de los árboles.
61. a) 106°

CAPÍTULO 4

1. a) 4.87 km a 209° desde E b) 23.3 m/s c) 13.5 m/s a 209°
3. 2.50 m/s
5. a) $(0.800\hat{\mathbf{i}} - 0.300\hat{\mathbf{j}})$ m/s^2 b) 339° c) $(360\hat{\mathbf{i}} - 72.7\hat{\mathbf{j}})$ m, −15.2°
7. a) $\vec{\mathbf{v}} = 5\hat{\mathbf{i}} + 4t^{3/2}\hat{\mathbf{j}}$ b) $\vec{\mathbf{r}} = 5t\hat{\mathbf{i}} + 1.6t^{5/2}\hat{\mathbf{j}}$
9. a) $3.34\hat{\mathbf{i}}$ m/s b) −50.9°
11. $(7.23 \times 10^3$ m, 1.68×10^3 m)
13. 53.1°
15. a) 22.6 m b) 52.3 m c) 1.18 s
17. a) La bola libra por 0.889 m b) mientras desciende
19. a) 18.1 m/s b) 1.13 m c) 2.79 m
21. 9.91 m/s
23. $\tan^{-1}[(2gh)^{1/2}/v]$
25. 377 m/s^2
27. a) 6.00 rev/s b) 1.52 km/s^2 c) 1.28 km/s^2
29. 1.48 m/s^2 hacia adentro y 29.9° hacia atrás
31. a) 13.0 m/s^2 b) 5.70 m/s c) 7.50 m/s^2
33. a) 57.7 km/h a 60.0° O de la vertical b) 28.9 km/h hacia abajo
35. 2.02×10^3 s; 21.0% más largo
37. $t_{\text{Alan}} = \dfrac{2L/c}{1 - v^2/c^2}$, $t_{\text{Beth}} = \dfrac{2L/c}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}$. Beth regresa primero.
39. 15.3 m
41. 27.7° NE
43. a) 9.80 m/s^2 abajo b) 3.72 m
45. a) 41.7 m/s b) 3.81 s c) $(34.1\hat{\mathbf{i}} - 13.4\hat{\mathbf{j}})$ m/s; 36.7 m/s
47. a) 25.0 m/s^2; 9.80 m/s^2
b)

25.0 m/s^2
9.80 m/s^2
$\vec{\mathbf{a}}$

c) 26.8 m/s^2 hacia adentro a 21.4° bajo la horizontal
49. a)

t (s)	0	1	2	3	4	5
r (m)	0	45.7	82.0	109	127	136
t (s)	6	7	8	9	10	
r (m)	138	133	124	117	120	

b) El vector $\vec{v}$ dice cómo cambia $\vec{r}$. Si $\vec{v}$ en un punto particular tiene una componente a lo largo de $\vec{r}$, por lo tanto $\vec{r}$ aumentará en magnitud (si $\vec{v}$ está en un ángulo menor que 90° desde $\vec{r}$) o disminuirá (si el ángulo entre $\vec{v}$ y $\vec{r}$ es más de 90°). Para ser un máximo, la distancia desde el origen momentáneamente debe permanecer constante, y la única forma en que puede suceder es si el ángulo entre velocidad y posición es un ángulo recto. En tal caso $\vec{r}$ cambiará en dirección en dicho punto, pero no en magnitud. c) El requisito de perpendicularidad se puede definir como igualdad entre la tangente del ángulo entre $\vec{v}$ y la dirección x y la tangente del ángulo entre $\vec{r}$ y la dirección y. En símbolos, esta igualdad se puede escribir $(9.8t - 49)/12 = 12t/(49t - 4.9t^2)$, que tiene la solución $t = 5.70$ s, lo que a su vez da $r = 138$ m. De manera alternativa, se puede requerir $dr^2/dt = 0 = (d/dt)[(12t)^2 + (49t - 4.9t^2)^2]$, que resulta en la misma ecuación con la misma solución.

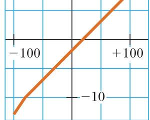
51. a) 26.6° b) 0.949
53. a) 6.80 km b) 3.00 km verticalmente arriba del punto de impacto c) 66.2°
55. a) 46.5 m/s b) −77.6° c) 6.34 s
57. a) 20.0 m/s, 5.00 s b) $(16.0\hat{i} - 27.1\hat{j})$ m/s c) 6.53 s d) $24.5\hat{i}$ m
59. a) 43.2 m b) $(9.66\hat{i} - 25.5\hat{j})$m/s. La resistencia del aire de ordinario hace menor la distancia de salto y las componentes de velocidades finales horizontal y vertical son un poco menores. Cuando el saltador experto hace de su cuerpo una superficie sustentadora, desvía hacia abajo el aire por el que pasa, así que él se desvía hacia arriba, lo que le da más tiempo en el aire y un salto más largo.
61. Las distancias seguras son menores que 270 m o mayores que 3.48×10^3 a la línea poniente de la costa.

CAPÍTULO 5

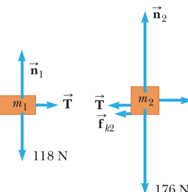
1. $(6.00\hat{i} + 15.0\hat{j})$ N; 16.2 N
3. a) $(2.50\ \hat{i} + 5.00\hat{j})$ N b) 5.59 N
5. a) 3.64×10^{-18} N b) 8.93×10^{-30} N es 408 mil millones de veces menor
7. 2.55 N para una persona de 88.7 kg
9. a) 5.00 m/s^2 a 36.9° b) 6.08 m/s^2 a 25.3°
11. a) $\sim 10^{-22}$ m/s^2 b) $\sim 10^{-23}$ m
13. a) 15.0 lb arriba b) 5.00 lb arriba c) 0
15. a) 3.43 kN b) 0.967 m/s horizontalmente hacia adelante
17.



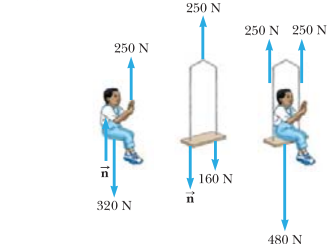
613 N
19. a) $P\cos 40° - n = 0$ y $P\,\text{sen}\,40° - 220\text{ N} = 0$; $P = 342$ N y $n = 262$ N b) $P - n\cos 40° - (220\text{ N})\,\text{sen}\,40° = 0$ y $n\,\text{sen}\,40 - (220\text{ N})\cos 40° = 0$; $n = 262$ N y $P = 342$ N c) Los resultados concuerdan. Los métodos tienen un nivel similar de dificultad. Cada uno involucra una ecuación con una incógnita y una ecuación con dos incógnitas. Si está interesado en encontrar n sin encontrar P, el método b) es más simple.
23. a) 49.0 N b) 49.0 N c) 98.0 N d) 24.5 N
25. 8.66 N Este
27. a) 646 N arriba b) 646 N arriba c) 627 N arriba d) 589 N arriba
29. 3.73 m
31. a) $F_x > 19.6$ N b) $F_x \le -78.4$ N
c)



33. a) 706 N b) 814 N c) 706 N d) 648 N
35. a) 256 m b) 42.7 m
37. a) no b) 16.9 N hacia atrás + 37.2 N hacia arriba = 40.9 N hacia arriba y atrás a 65.6° con la horizontal
39. a) 1.78 m/s^2 b) 0.368 c) 9.37 N d) 2.67 m/s
41. 37.8 N
43. a)



b) 27.2 N, 1.29 m/s^2.
45. a) $a = 0$ si $P < 8.11$ N; $a = -3.33$ m/s^2 + (1.41/kg) P a la derecha si $P > 8.11$ N b) $a = 0$; 3.99 N horizontalmente hacia atrás c) 10.8 m/s^2 a la derecha; 3.45 N a la izquierda d) La aceleración es cero para todos los valores de P menores que 8.11 N. Cuando P pasa este umbral, la aceleración salta a su mínimo valor distinto de cero de 8.14 m/s^2. Desde ahí aumenta linealmente con P hacia valores arbitrariamente altos.
47. 72.0 N
49. a) 2.94 m/s^2 adelante b) 2.45 m/s^2 adelante c) 1.19 m/s^2 arriba del plano d) 0.711 m/s^2 arriba del plano e) 16.7° f) La masa no hace diferencia. Matemáticamente, la masa se elimina en las determinaciones de aceleración. Si varios paquetes de platos se colocaran en el camión, todos se deslizarían juntos, independientemente de si están o no amarrados unos a otros.
51. a)



b) 0.408 m/s^2 c) 83.3 N
53. a) 3.00 s b) 20.1 m c) $(18.0\ \hat{i} - 9.00\hat{j})$ m

55. a) $a = 12$ N/(4 kg + m_1) adelante b) 12 N/(1 + m_1/4 kg) adelante c) 2.50 m/s^2 adelante y 10.0 N adelante d) La fuerza tiende a cero e) La fuerza tiende a 12.0 N f) La tensión en la cuerda de masa despreciable es constante a lo largo de su longitud.
57. a) $Mg/2$, $Mg/2$, $Mg/2$, $3Mg/2$, Mg b) $Mg/2$
59. a) Ambos son iguales respectivamente. b) 1.61×10^4 N c) 2.95×10^4 N d) 0 N; 3.51 m/s hacia arriba. Los primeros 3.50 m/s de la rapidez de 3.51 m/s no necesitan causa dinámica; el movimiento del cable continúa por él mismo, como se describe por la ley de "inercia" o "terquedad". El aumento de 3.50 m/s a 3.51 m/s debe ser causado por alguna fuerza total hacia arriba en la sección de cable. Sin embargo, ya que su masa es muy pequeña comparada con mil kilogramos, la fuerza es muy pequeña comparada con 1.61×10^4 N, la tensión casi uniforme de esta sección de cable.
61. b)

θ	0	15°	30°	45°	60°
P (N)	40.0	46.4	60.1	94.3	260

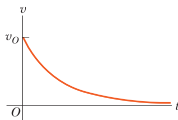
63. a) La fuerza neta sobre el cojín neumático está en una dirección fija, hacia abajo y adelante, y forma un ángulo $\tan^{-1}(F/mg)$ con la vertical. Si parte del reposo, se moverá a lo largo de esta línea con b) rapidez creciente. Su velocidad cambia en magnitud. c) 1.63 m d) Se moverá a lo largo de una parábola. El eje de la parábola es paralelo a la línea discontinua en la figura del problema. Si el cojín se lanza en una dirección sobre la línea discontinua, su trayectoria será cóncava hacia abajo, lo que hace que su velocidad se vuelva más y más paralela a la línea discontinua con el tiempo. Si el cojín se lanza abajo más pronunciadamente, su trayectoria será cóncava hacia arriba, lo que de nuevo hace que su velocidad cambie hacia la dirección fija de su aceleración.
65. a) 19.3° b) 4.21 N
67. $(M + m_1 + m_2)(m_2 g/m_1)$
69. a) 30.7° b) 0.843 N
71. a) $T_1 = \dfrac{2mg}{\text{sen}\,\theta_1}$, $T_2 = \dfrac{mg}{\text{sen}\,\theta_2} = \dfrac{mg}{\text{sen}\left[\tan^{-1}\left(\frac{1}{2}\tan\theta_1\right)\right]}$,

$$T_3 = \frac{2\ mg}{\tan\theta_1}$$

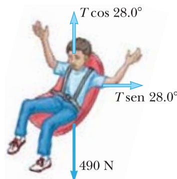
b) $\theta_2 = \tan^{-1}\left(\dfrac{\tan\theta_1}{2}\right)$

CAPÍTULO 6

1. Cualquier rapidez arriba de 8.08 m/s
3. a) 8.32×10^{-8} N hacia el núcleo b) 9.13×10^{22} m/s^2 hacia adentro
5. a) fricción estática b) 0.085 0
7. 2.14 rev/min
9. $v \le 14.3$ m/s
11. a) 108 N b) 56.2 N
13. a) 4.81 m/s b) 700 N arriba
15. No. Tarzán necesita una liana con resistencia a la rotura de 1.38 kN.
17. 3.13 m/s
19. a) 3.60 m/s^2 b) cero c) Un observador en el automóvil (un marco no inercial) afirma una fuerza de 18.0 N hacia la izquierda y una fuerza de 18.0 N hacia la derecha. Un observador inercial (afuera del auto) sólo afirma una fuerza de 18.0 N hacia la derecha.
21. a) 17.0° b) 5.12 N
23. a) 491 N b) 50.1 kg c) 2.00 m/s
25. 0.092 8°
27. a) 32.7 s^{-1} b) 9.80 m/s^2 abajo c) 4.90 m/s^2 abajo
29. 3.01 N arriba
31. a) 1.47 N · s/m b) 2.04×10^{-3} s c) 2.94×10^{-2} N
33. a) 78.3 m/s b) 11.1 s c) 121 m
35. a) $x = k^{-1}\ln(1 + kv_0 t)$ b) $v = v_0 e^{-kx}$
37. a) 0.034 7 s^{-1} b) 2.50 m/s c) $a = -cv$
39. $v = v_0 e^{-bt/m}$



En este modelo, el objeto sigue moviéndose por siempre. Recorre una distancia infinita en un intervalo de tiempo infinito.
41. a) 106 N arriba del plano b) 0.396
43. a) 11.5 kN b) 14.1 m/s
45. a) 0.016 2 kg/m b) $\frac{1}{2}D\rho A$ c) 0.778 d) 1.5% e) Para filtros de café apilados que caen en aire con rapidez terminal, la gráfica de fuerza de resistencia del aire como función del cuadrado de la rapidez demuestra que la fuerza es proporcional a la rapidez al cuadrado, dentro de la incertidumbre experimental estimada como 2%. Esta proporcionalidad concuerda con el modelo teórico de resistencia del aire con magnitudes de velocidad altas. El coeficiente de arrastre de un filtro de café es $D = 0.78 \pm 2\%$.
47. $g(\cos\phi\tan\theta - \text{sen}\,\phi)$
49. b) 732 N abajo en el ecuador y 735 N abajo en los polos.
51. a) La única fuerza horizontal en el automóvil es la fuerza de fricción, con un valor máximo determinado por la rugosidad de la superficie (descrita por el coeficiente de fricción estática) y la fuerza normal (en este caso igual a la fuerza gravitacional sobre el automóvil). b) 34.3 m c) 68.6 m d) Frenar es mejor. No debe girar el volante. Si usó alguna de las fuerzas de fricción disponibles para cambiar la dirección del automóvil, no sería posible frenar el auto y la distancia de frenado sería mayor. e) La conclusión es verdadera en general. El radio de la curva que apenas puede hacer es el doble de su distancia de frenado mínima.
53. a) 5.19 m/s
b) $T = 555$ N

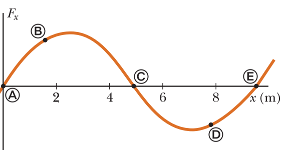


55. b) 2.54 s; 23.6 rev/min c) Las fuerzas gravitacional y de fricción permanecen constantes. La fuerza normal aumenta. La persona permanece en movimiento con la pared. d) La fuerza gravitacional permanece constante. Las fuerzas normal y de fricción disminuyen. La persona se desliza en relación con la pared y hacia abajo en el hueco.
57. a) $v_{\text{mín}} = \sqrt{\dfrac{Rg(\tan\theta - \mu_s)}{1 + \mu_s\tan\theta}}$, $v_{\text{máx}} = \sqrt{\dfrac{Rg(\tan\theta + \mu_s)}{1 - \mu_s\tan\theta}}$

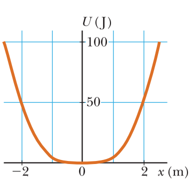
b) $\mu_s = \tan\theta$ c) 8.57 m/s $\le v \le$ 16.6 m/s
59. a) 0.013 2 m/s b) 1.03 m/s c) 6.87 m/s
61. 12.8 N

CAPÍTULO 7

1. a) 31.9 J b) 0 c) 0 d) 31.9 J
3. −4.70 kJ
7. a) 16.0 J b) 36.9°
9. a) 11.3° b) 156° c) 82.3°
11. $\vec{\mathbf{A}}$ = 7.05 m a 28.4°
13. a) 24.0 J b) −3.00 J c) 21.0 J
15. a) 7.50 J b) 15.0 J c) 7.50 J d) 30.0 J
17. a) 0.938 cm b) 1.25 J
19. 7.37 N/m
21. 0.299 m/s
23. a) 0.020 4 m b) 720 N/m
25. b) mgR
27. a) 0.600 J b) −0.600 J c) 1.50 J
29. a) 1.20 J b) 5.00 m/s c) 6.30 J
31. a) 60.0 J b) 60.0 J
33. 878 kN arriba
35. a) 4.56 kJ b) 6.34 kN c) 422 km/s^2 d) 6.34 kN e) Las fuerzas son las mismas. Las dos teorías concuerdan.
37. a) 259 kJ, 0, −259 kJ b) 0, −259 kJ, −259 kJ
39. a) −196 J b) −196 J c) −196 J. La fuerza es conservativa.
41. a) 125 J b) 50.0 J c) 66.7 J d) La fuerza es no conservativa. Los resultados difieren.
43. a) 40.0 J (b) −40.0 J c) 62.5 J
45. (A/r^2) alejándose de la otra partícula
47. a) + enⒷ, − enⒹ, 0 enⒶ, Ⓒ, y Ⓔ
b) Ⓒ estable; Ⓐ y Ⓔ inestable



49. c) Equilibrio a $x = 0$



d) 0.823 m/s
51. 90.0 J
53. a) $x = (3.62m)/(4.30 - 23.4m)$ donde x está en metros y m en kilogramos b) 0.095 1 m c) 0.492 m d) 6.85 m e) La situación es imposible. f) La extensión es directamente proporcional a m cuando m sólo es unos cuantos gramos. Por lo tanto crece cada vez más rápido y diverge a infinito para m = 0.184 kg.
55. $U(x) = 1 + 4e^{-2x}$. La fuerza debe ser conservativa porque el trabajo que la fuerza hace en el objeto sobre el que actúa sólo depende de las posiciones original y final del objeto, no de la trayectoria entre ellos.
57. 1.68 m/s
59. 0.799 J

CAPÍTULO 8

1. a) $\Delta E_{int} = Q + T_{ET} + T_{ER}$ b) $\Delta K + \Delta U + \Delta E_{int} = W + Q + T_{MW} + T_{MT}$ c) $\Delta U = Q + T_{MT}$ d) $0 = Q + T_{MT} + T_{ET} + T_{ER}$
3. a) $v = (3gR)^{1/2}$ b) 0.098 0 N abajo
5. 10.2 m
7. a) 4.43 m/s b) 5.00 m
9. 5.49 m/s
11. a) 25.8 m b) 27.1 m/s^2
13. a) 650 J b) 588 J c) 0 d) 0 e) 62.0 J f) 1.76 m/s
15. a) −168 J b) 184 J c) 500 J d) 148 J e) 5.65 m/s
17. 2.04 m
19. 3.74 m/s
21. a) −160 J b) 73.5 J c) 28.8 N d) 0.679
23. a) 1.40 m/s b) 4.60 cm después de liberar c) 1.79 m/s
25. a) 0.381 m b) 0.143 m c) 0.371 m
27. a) $a_x = -\mu_k gx/L$ b) $v = (\mu_k gL)^{1/2}$
29. 875 W
31. ~ 10^4 W
33. $46.2
35. a) 10.2 kW b) 10.6 kW c) 5.82 MJ
37. a) 11.1 m/s b) 19.6 m/s^2 hacia arriba c) 2.23 × 10^3 N hacia arriba d) 1.01 × 10^3 J e) 5.14 m/s f) 1.35 m g) 1.39 s
39. a) $(2 + 24t^2 + 72t^4)$ J b) $12t$ m/s^2; $48t$ N c) $(48t + 288t^3)$ W d) 1 250 J
41. a) 1.38 × 10^4 J b) 3.02 × 10^4 W
43. a) 4.12 m b) 3.35 m
45. a) 2.17 kW b) 58.6 kW
47. a) x = −4.0 mm b) −1.0 cm
49. 33.4 kW
51. a) 0.225 J b) ΔE_{mec} = −0.363 J c) No. La fuerza normal cambia en una forma complicada.
53. a) 100 J b) 0.410 m c) 2.84 m/s d) −9.80 mm e) 2.85 m/s
55. 0.328
57. 1.24 m/s
59. a) 0.400 m b) 4.10 m/s c) El bloque permanece en la pista.
61. $2m$
65. a) 14.1 m/s b) −7.90 kJ c) 800 N d) 771 N e) 1.57 kN arriba

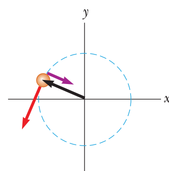
CAPÍTULO 9

1. a) $(9.00\hat{\mathbf{i}} - 12.0\hat{\mathbf{j}})$ kg·m/s b) 15.0 kg·m/s a 307°
3. ~ 10^{-23} m/s
5. b) $p = \sqrt{2mK}$
7. a) 13.5 N·s b) 9.00 kN c) 18.0 kN
9. 260 N normal hacia la pared
11. a) 12.0 $\hat{\mathbf{i}}$ N·s b) 4.80$\hat{\mathbf{i}}$ m/s c) 2.80$\hat{\mathbf{i}}$ m/s d) 2.40$\hat{\mathbf{i}}$ N
13. b) pequeño d) grande e) no hay diferencia
15. 301 m/s
17. a) 2.50 m/s b) 37.5 kJ c) Cada proceso es el inverso temporal del otro. La misma ecuación de conservación de cantidad de movimiento describe a ambos.
19. 0.556 m
21. a) $\vec{\mathbf{v}}_g$ = 1.15$\hat{\mathbf{i}}$ m/s b) $\vec{\mathbf{v}}_p$ = −0.346$\hat{\mathbf{i}}$ m/s
23. a) 0.284 b) 115 fJ y 45.4 fJ

25. 91.2 m/s
27. 2.50 m/s a −60.0°
29. $v_{naranja}$ = 3.99 m/s, $v_{amarillo}$ = 3.01 m/s
31. $(3.00\hat{\mathbf{i}} - 1.20\hat{\mathbf{j}})$ m/s
33. a) $(-9.33\hat{\mathbf{i}} - 8.33\hat{\mathbf{j}})$ Mm/s b) 439 fJ
35. $\vec{\mathbf{r}}_{CM} = (0\hat{\mathbf{i}} + 1.00\hat{\mathbf{j}})$ m
37. $\vec{\mathbf{r}}_{CM} = (11.7\hat{\mathbf{i}} + 13.3\hat{\mathbf{j}})$ cm
39. a) 15.9 g b) 0.153 m
41. a) $(1.40\hat{\mathbf{i}} + 2.40\hat{\mathbf{j}})$ m/s b) $(7.00\hat{\mathbf{i}} + 12.0\hat{\mathbf{j}})$ kg·m/s
43. 0.700 m
45. a) Sí. 18.0 $\hat{\mathbf{i}}$ kg·m/s. b) No. El suelo hace trabajo cero. c) Sí. Se podría decir que la cantidad de movimiento final del vehículo provino del suelo o de la Tierra a través del suelo. d) No. La energía cinética provino de la energía gravitacional original de la carga elevada, en cantidad 27.0 J. e) Sí. La aceleración es causada por la fuerza de fricción estática ejercida por el suelo que evita que las orugas se deslicen hacia atrás.
47. b) 2.06 m/s c) Sí. La defensa continúa ejerciendo una fuerza hacia la izquierda hasta que la partícula se ha balanceado hasta su punto más bajo.
49. a) 3.75 kg·m/s^2 hacia la derecha b) 3.75 N hacia la derecha c) 3.75 N d) 2.81 J e) 1.41 J f) La fricción entre la arena y la banda convierte la mitad del trabajo de entrada en energía interna adicional.
51. a) 39.0 MN b) 3.20 m/s^2 arriba
53. a) 442 toneladas métricas b) 19.2 toneladas métricas. Esta cantidad es mucho menor que el valor sugerido. Matemáticamente, el logaritmo en la ecuación de propulsión del cohete no es una función lineal. Físicamente, una mayor rapidez de escape tiene un efecto acumulativo extragrande sobre la rapidez final del marco del cohete, al contar una y otra vez la rapidez que el marco logra segundo tras segundo durante su quema.
55. 240 s
57. $\left(\dfrac{M+m}{m}\right)\sqrt{\dfrac{gd^2}{2h}}$
59. a) 0; inelástica
b) $(-0.250\hat{\mathbf{i}} + 0.750\hat{\mathbf{j}} - 2.00\hat{\mathbf{k}})$ m/s; perfectamente inelástica
c) o $a = -6.74$ con $\vec{\mathbf{v}} = -0.419\,\hat{\mathbf{k}}$ m/s o $a = 2.74$ con $\vec{\mathbf{v}} = -3.58\,\hat{\mathbf{k}}$ m/s
61. a) m/M = 0.403 b) no hay cambios; no hay diferencia
63. b) 0.042 9 c) 1.00 d) La energía es una cosa totalmente diferente de la cantidad de movimiento. Una comparación: cuando los niños comen su sopa, no comen el mantel. Otra comparación: cuando un flash de fotógrafo de un solo uso se dispara, se oxida un filamento de magnesio. La energía química desaparece. (La energía interna aparece y la luz se lleva algo de energía.) La masa medida del flash es la misma antes y después. Puede ser la misma a pesar de 100% de conversión de energía porque la energía y la masa son cosas totalmente diferentes en la física clásica. En el péndulo balístico, la conversión de energía de mecánica a interna no altera la conservación de masa o la conservación de la cantidad de movimiento.
65. a) −0.256$\hat{\mathbf{i}}$ m/s y 0.128$\hat{\mathbf{i}}$ m/s b) −0.064 2$\hat{\mathbf{i}}$ m/s y 0 c) 0 y 0
67. a) 100 m/s b) 374 J
69. $(3Mgx/L)\hat{\mathbf{j}}$

CAPÍTULO 10

1. a) 5.00 rad, 10.0 rad/s, 4.00 rad/s^2 b) 53.0 rad, 22.0 rad/s, 4.00 rad/s^2
3. a) 4.00 rad/s^2 b) 18.0 rad
5. a) 5.24 s b) 27.4 rad
7. a) 7.27 × 10^{-5} rad/s b) 2.57 × 10^4 s = 428 min
9. 50.0 rev
11. ~10^7 rev
13. a) 8.00 rad/s b) 8.00 m/s, a_r = −64.0 m/s^2, a_t = 4.00 m/s^2 c) 9.00 rad
15. a) $(-2.73\hat{\mathbf{i}} + 1.24\hat{\mathbf{j}})$m b) en el segundo cuadrante, a 156° c) $(-1.85\hat{\mathbf{i}} - 4.10\hat{\mathbf{j}})$m/s d) hacia el tercer cuadrante, a 246°



e) $(6.15\hat{\mathbf{i}} - 2.78\hat{\mathbf{j}})$m/s^2 f) $(24.6\hat{\mathbf{i}} - 11.1\hat{\mathbf{j}})$N
17. a) 126 rad/s b) 3.77 m/s c) 1.26 km/s^2 d) 20.1 m
19. 0.572
21. a) 143 kg·m^2 b) 2.57 kJ
25. a) 24.5 m/s b) no; no; no; no; sí
27. 1.28 kg·m^2
29. ~10^0 kg·m^2
33. −3.55 N·m
35. a) 24.0 N·m b) 0.035 6 rad/s^2 c) 1.07 m/s^2
37. a) 0.309 m/s^2 b) 7.67 N y 9.22 N
39. 21.5 N
41. 24.5 km
43. 149 rad/s
45. a) 1.59 m/s b) 53.1 rad/s
47. a) 11.4 N, 7.57 m/s^2, 9.53 m/s abajo b) 9.53 m/s
51. a) $2(Rg/3)^{1/2}$ b) $4(Rg/3)^{1/2}$ c) $(Rg)^{1/2}$
53. a) 500 J b) 250 J c) 750 J
55. a) $\frac{2}{3}g$ sen θ para el disco, mayor que $\frac{1}{2}g$ sen θ para el aro b) $\frac{1}{3}$tan θ
57. 1.21 × 10^{-4} kg·m^2; la altura no es necesaria
59. $\frac{1}{3}\ell$
61. a) 4.00 J b) 1.60 s c) sí
63. a) $\omega = 3F\ell/b$ b) $\alpha = 3F\ell/mL^2$ c) y d) Ambos mayores. Un componente de la fuerza de empuje, ejercida por el agua para rociar desde los extremos de los brazos, causa un momento de torsión hacia adelante sobre el rotor. Note también que el rotor con brazos doblados tiene un momento de inercia ligeramente menor del que tendría si los mismos tubos metálicos fuesen rectos.
65. a) $(3g/L)^{1/2}$ b) $3g/2L$ c) $-\frac{3}{2}g\hat{\mathbf{i}} - \frac{3}{4}g\hat{\mathbf{j}}$ d) $-\frac{3}{2}Mg\hat{\mathbf{i}} + \frac{1}{4}Mg\hat{\mathbf{j}}$
67. −0.322 rad/s^2
71. a) 118 N y 156 N b) 1.17 kg·m^2
73. a) α = −0.176 rad/s^2 b) 1.29 rev c) 9.26 rev
75. a) $\omega(2h^3/g)^{1/2}$ b) 0.011 6 m c) Sí; la desviación sólo es de 0.02% de la altura original.
79. a) 2.70R b) $\Sigma F_x = -20mg/7$, $\Sigma F_y = -5mg/7$
81. a) $(3gh/4)^{1/2}$ b) $(3gh/4)^{1/2}$
83. c) $(8Fd/3M)^{1/2}$
85. a la izquierda

CAP-31 LO 11

79 $-5.00\hat{\mathbf{i}} + 1(.0\hat{\mathbf{5}} - 10.0\hat{\mathbf{F}}$
19 a7 $-15.0\hat{\mathbf{F}}$ k7,50.(;
39 0.b1b,N · m,,4oriόntalmente,al,norte
29 1 .0;
j 9 $F_b = F_1 + F_j$-,no
779 15. $\hat{\mathbf{F}}$ 8g · m)/s
719 ((0.0$\hat{\mathbf{F}}$) 8g · m)/s
739 s nAácos (n9A7,+ 1]$\hat{\mathbf{F}}$
729 a7,cero k7,(−s n_x^b sen) µcos,µ9) Œ$\hat{\mathbf{F}}$
c7,(−) s n_x^b sen) µcos,µ9,Œ$\hat{\mathbf{F}}$,,,d7La,fuerόa,gravitacional,4acia,
akaбo,eбerce,un,momento,de,torsiqn,en,la,direcciqn,,,,R,
7j 9 a7,−s ℓŒcos, µ$\hat{\mathbf{F}}$ k7, El,planeta,eбerce,un,momento,
de,torsiqn,gravitacional,sokre,la,kola.,,,c7,−s Œ cos,µ$\hat{\mathbf{F}}$
419 a7,0.b(0,8g · m)9s k7,0. 10,8g · m)9s
439 a7,0.1bb,8g · m)9s k7,1.5b,8g · m)9s
429 a7,1. 5, × 10/ 8g · m)9s k7,(.) (, × 10^b s,= 1.51,4,
4j .,a7, $\theta_T = \theta_g$9(g + g7 k7, g9(g + g)7
179 a7,11.1,rad9s,en,sentido,contrario,a,las,manecillas,del,relo6 k7,
No., 05,J,se,transforman,en,energía,interna., c7,No.,Los,coбinetes,de,la,tornamesa,pronto,imparten,impulso,de,11.y,8g,·,m9s,
al,norte,en,el,sistema,tornamesa-karro,3,a,partir,de,a4í,sigue,
camkiando,la,cantidad,de,movimiento,del,sistema.
119 5.11,rev9min
139 a7,La,energía,mec]nica,no,se,conserva-,algo,de,energía,z uí-mica,se,convierte,en,energía,mec]nica.,La,cantidad,de,movimiento,no,se,conserva.,Los,coбinetes,de,la,tornamesa,eбercen,
una,fuerόa,externa,4acia,el,norte,sokre,el,eбe.,La,cantidad,de,
movimiento,angular,se,conserva., k7,0.b(0,rad9s,contra,las,
manecillas,del,relo6 c7yy.y,J
129 a7,s nℓ,akaбo, k7L 9(L +,s 7
1j 9 a7 ω =) s $n_x$dkℓL ,+) s]A), k7,No-,algo,de,energía,mec]nica,
camkia,a,energía,interna., c7,La,cantidad,de,movimiento,no,se,
conserva.,El,eбe,eбerce,una,fuerόa,4acia,atr]s,sokre,el,cilindro.
479 ∼ 10^{-1b} rad9s
419 .1 ,× 10)) N · m
439 a7,1.(5 $\hat{\mathbf{i}}$ m/s k7,0.0bb, ,= b.b % c7,1.(5$\hat{\mathbf{i}}$ m/s
d7,1 ./,rad9s e7,1.00,= 100%
429 a7,5 s d)9b,,,,k7,s Œ$\hat{\mathbf{F}}$,c7,bŒ5d contra,las,manecillas,
del,relo6
d7,) Œ5,4acia,arrika,,e7s Œ f7,$\sqrt{(Œ5d}$,,,,g7s $\sqrt{11Œ^b/b}$
47, $\sqrt{)}$ Œ/)1
4j 9 0.y10,8m9s
379 a7,n_xŊ9M k7,m = (s $n_x^{)}$Ŋ7M^b c7,$\frac{1}{)}$s $n_x^{)}$ (Ŋ9M − 17
d7,1. 0,m9s210.1,N20.1 0,J
319 a7,b,5 0,8g · m)9s k7,1.//,8J c7,b,5 0,8g · m)9s
d7,10.0,m9s e7,5. 0,8J f7, .(),8J
339 a7,),s n_0, k7,) $n_0$9b, c7,1s ℓ$n_0$9b, d71 $n_0$9yℓ, e7,s $n_0^{)}$
, f7,) (,s $n_0^{)}$9) 5, g7,No,actúan,fuerόas,4oriόontales,sokre,las,
koleadoras,desde,el,exterior,despu[s,de,likerarlas2así,z ue,la,
cantidad,de,movimiento,4oriόontal,permanece,constante.,Su,
centro,de,masa,se,mueve,de,manera,estacionaria,con,la,velocidad,4oriόontal,z ue,tiene,en,la,likeraciqn.,Sokre,las,koleadoras,
no,actúan,momentos,de,torsiqn,sokre,su,eбe,de,rotaciqn2así,
z ue,su,cantidad,de,movimiento,angular,se,mantiene,constante.,
Las,fuerόas,internas,no,pueden,afectar,ni,la,conservaciqn,de,la,
cantidad,de,movimiento,ni,la,conservaciqn,de,la,cantidad,de,
movimiento,angular2pero,pueden,afectar,la,energía,mec]nica.,La,energía,s $n_0^{)}$9) 5,camkia,de,energía,mec]nica,a,energía,
interna,conforme,la,koleadora,toma,su,configuraciqn,estakle.
329 Un,aumento,de,0. 0,s.,No,es,un,camkio,significativo.

CAP-31 LO 12

79 [(s $_1$ + s $_c$)d + s $_1$ℓ/)]/s $_)$
,,**19** (b./ ,cm2(./ ,cm7

5. (−1.50 m, −1.50 m)
7. (2.54 m, 4.75 m)
9. 177 kg
11. a) f_s = 268 N, n = 1 300 N b) 0.324
13. 2.94 kN en cada rueda trasera y 4.41 kN en cada rueda delantera.
15. a) 29.9 N b) 22.2 N
17. a) 1.73 rad/s^2 b) 1.56 rad/s
c) $(-4.72\hat{\mathbf{i}} + 6.62\hat{\mathbf{j}})$ kN d) 38.9$\hat{\mathbf{j}}$ kN
19. 2.82 m
21. 88.2 N y 58.8 N
23. 4.90 mm
25. 23.8 µm
27. a) 3.14 × 10^4 N b) 6.28 × 10^4 N
29. 1.65 × 10^8 N/m^2
31. 0.860 mm
33. n_A = 5.98 × 10^5 N, n_B = 4.80 × 10^5 N
35. 9.00 pies
37. a)

R_y
R_x
O
$\vec{\mathbf{T}}$
60.0°
x
700 N
200 N
80.0 N
3.00 m
3.00 m

b) T = 343 N, R_x = 171 N hacia la derecha, R_y = 683 N arriba c) 5.13 m
39. a) $T = F_g(L + d)/[\text{sen}\,\theta\,(2L + d)]$
b) $R_x = F_g(L + d)\cot\theta/(2L + d)$, $R_y = F_gL/(2L + d)$
41. $\vec{\mathbf{f}}$ = (−(.15 × 10 $\hat{\mathbf{i}}$ + 1.)5 × 10 $\hat{\mathbf{5}}$),N2
$\vec{\mathbf{F}}_B$ = (.15 × 10 $\hat{\mathbf{i}}$,N
43. 5.08 kN, R_x = 4.77 kN, R_y = 8.26 kN
45. a) 20.1 cm hacia la izquierda del borde frontal; μ_k = 0.571
b) 0.501 m
47. a) $M = (m/2)(2\mu_s\,\text{sen}\,\theta - \cos\theta)(\cos\theta - \mu_s\,\text{sen}\,\theta)^{-1}$
b) $R = (m + M)g(1 + \mu_s^2)^{1/2}$
$F = g[M^2 + \mu_s^2(m + M)^2]^{1/2}$
49. b) AB compresión 732 N, AC tensión 634 N, BC compresión 897 N
51. a) 133 N b) n_A = 429 N y n_B = 257 N
c) R_x = 133 N y R_y = −257 N
55. 1.09 m
57. a) 4 500 N b) 4.50 × 10^6 N/m^2 c) La tabla se romperá.
59. a) $P_y = (F_g/L)(d - ah/g)$ b) 0.306 m
c) $(-306\hat{\mathbf{i}} + 553\hat{\mathbf{j}})$ N

CAP-31 LO 13

79 ∼ 10^{-5} N,4acia,usted
19 a7,). 0,× 10^{-} N,4acia,el,okбeto,de, 00,8g,,,k7,entre,
los,okбetos,3,0.) 1 ,m,desde,el,okбeto,de, 00,8g
39 $(-100\hat{\mathbf{i}}$ + y.b$\hat{\mathbf{5}})$ pN
29 5.11,× 10^{-10} N
j 9 0.(1b,m9s) 4acia,la,Tierra
779 $\rho_{\text{Luna}}/\rho_{\text{Tierra}} = \frac{1}{b}$
719 1.) (,× 10$^{b)}$ 8g
739 1.y0,× 10$^{)5}$ 8g
729 /.y),× 10^5 m
7j 9 h espu[s,de,b.yb,años2Mercurio,estaría,m]s,leбos,del,Sol,
z ue,Plutqn.

479 $\vec{\mathbf{g}} = \frac{Ps}{\ell^{)}},(\frac{1}{)} + \sqrt{)})$ 4acia,la,esz uina,opuesta
419 a7,$\vec{\mathbf{g}}$ =) L PM(M + a$^{)}$)$^{-b/)}$, 4acia, el, centro, de, masa, k7, En,
M=,02los,campos,de,los,dos,okбetos,son,iguales,en,magnitud,
3,opuestos,en,direcciqn2para,sumar,cero., d7,Cuando,M es,
muc4o,ma3or,z ue,a2el,4ec4o,de,z ue,las,dos,masas,est[n,separadas,no,es,importante.,Crean,un,campo,total,como,el,de,un,
solo,okбeto,de,masa,) L .
439 a7,1./1, × 10^y 8g9m^b k7,b.) 5,× 10$^($ m9s$^)$
c7,−) .0/,× 10^{1b} J
429 a7,−1.(5,× 10^{-11} J ,Cada,okбeto,acelerar],lentamente,4acia,
el,centro,del,tri]ngulo2donde,los,tres,c4ocar]n,simult]neamente.
4j 9 k7,b10,s
179 1.((,× 10^1 m9s
139 a7, .b0,× 10^b s k7,5.5y,8m9s c7,(.1b, × 10^y J
129 k7,1.00,× 10^5 m c7,1.00, × 10^1 m9s
1j 9 a7,0.y/0 k7,1) 5,años, c7,−) .1b,× 10^{15} J
419 k7,) áPs ^{b}(19) M− 19A7]$^{19)}$
439 a7, −5.01,× 10^1 J k7,−1. 5,× 10 J c7,1b.) ,m9s
429 5.5y,× 10^{11} 8g
4j 9 θ = 0.0 5,) ,rad9s,o,1,rev,en,110,s
379 a7,s $_)$() P9d7$^{19)}$(s $_1$ + s $_)$7$^{-19)}$ 3,
s $_1$() P9d7$^{19)}$(s $_1$ + s $_)$7$^{-19)}$-,rapideό,relativa
() P9d7$^{19)}$(s $_1$ + s $_)$7$^{19)}$ k7,1.05, × 10$^{b)}$ J,3,).(5,× 10^{b1} J
319 a7,) 00,Megaaños,,k7,∼ 10^{11} 8g-,∼ 10^{11} estrellas
339 (PL $_h$91A_h7$^{19)}$
3j 9 (/00 + 1.5b × 10^{-1}) $\hat{\mathbf{i}}$,m/s,,3,(/00 − 1.5b × 10^{-1}) $\hat{\mathbf{i}}$,m/s
679 1/.) ,ms

CAP-31 LO 14

79 0.111,8g
19 (.) 1,MPa
39 1.(),m
, **29** 5.51,× 10^{-b} m$^)$
j 9) 51,8N,4oriόontalmente,4acia,atr]s
779 .//,×,10$^($,N,akaбo-,1y(,8N,4acia,afuera-, //,8N,4acia,afuera
719 0.5)) ,mm
739 10. ,m-,no2porz ue,algo,de,alco4ol,3,agua,se,evapora
729 y/.(,8Pa
7j 9 a7,1. 5,Pa21. ,×,10$^{-)}$,atm211./,mm,Hg, k7,El,nivel,de,fluido,
en,la,sonda,espinal,deke,elevarse.,, c7,kloz ueo,de,fluбo,del,
fluido,cerekroespinal.
479 0.) /,N,akaбo
419 a7,1.015,y,× 10^b N,akaбo21.0) y,5,× 10^b N,arrika,,k7,/(.),N
c7,Por,cualz uier,m[todo,de,evaluaciqn2la,fuerόa,de,flotaciqn,es,de,11./,N,arrika.
439 a7,1.) 0,× 10^b N9s k7,0
429 a7,5.00,cm k7,) ./0,8g
179 1,1b0,m^b
119 1,) 0,8g9m^b 3, 00,8g9m^b
139 a7,15.5,m9s k7,1.5b,mm
129 b1.(,m9s
1j 9 0.) 15,cm
479 a7,) .) /,N,4acia,Holanda,,,,k7,1.51,× 10$^($ s
419 a7,1,atm, + 1 .0,MPa k7,).y ,m9s c7,1.b1,8Pa
439). 1,× 10^{-b} m^{b}9s
42 a7,1.1b,m9s, k7,El,sifqn,no,puede,estar,m]s,alto,z ue,10.b,m.
4j 9 1).(,m9s
379 1.y1,m
339 0.(01,m

329 Si,el,4elicqptero,pudiese,crear,el,aire,z ue,expulsa,4acia,akaбo2
la,relaciqn,de,fluбo,de,masa,del,aire,tendría,z ue,ser,al,menos,
) bb,8g9s.,En,realidad2el,rotor,toma,aire,de,arrika2z ue,se,
mueve,sokre,un,]rea,ma3or,con,menor,rapideό3,lo,sopla,4acia,
akaбo,a,ma3or,rapideό.,La,cantidad,de,este,aire,tiene,z ue,ser,al,
menos,unas,cuantas,veces,ma3or,z ue,) bb,8g,cada,segundo.
679 15.b,N,3,b1.5,N
619 y0.01%
639 5 /,Pa
629 1.1b,m9s
6j 9 a7,1.) ,cm k7,1b./,m9s
279 c7,1.50,m$^)$

CAP-31 LO 15

79 a7,El,movimiento,se,repite,precisamente., k7,1./1,s, c7,No2la,
fuerόa,no,est],en,la,forma,de,la,le3,de,Hooбe.
19 a7,1. 0,Hό20.((5,s k7,1.00,m c7,π rad d7,) ./b,m
39 k7,1/./,cm9s20.bbb,s c7,15/,cm9s)20. 00,s
d7,1) .0,cm
29 10.y,N9m
j 9 1/./,m9s25.11,8m9s$^)$
779 a7, 10.0, cm9s2 1(0, cm9s$^)$ k7, b).0, cm9s2 −y(.0, cm9s$^)$
c7,0.) b),s
719 0.()/,m9s
739).) b,m9s
729 a7,) /.0,mJ k7,1.0) ,m9s c7,1).) ,mJ d7,1 ./,mJ
7j 9).(0,cm,,3,−) .(0,cm
479 a7,a,0.) 1/,s,3,a,1.0y,s k7,0.011,(,W
419 k7,0.()/,s
439 Las,respuestas,concuerdan,a,dos,dígitos.,Las,respuestas,calculadas,de,la,conservaciqn,de,la,energía,3,de,la,segunda,le3,de,
Newton,son,precisamente,m]s,correctas.,Con,esta,amplitud2
el,movimiento,del,p[ndulo,es,aproximadamente,armqnico,
simple.
4j 9 0.y11,8g · m$^)$
119 a7, .00,× 10^{-5} 8g · m$^)$ k7,b.1(,× 10^{-1} N · m9rad
139 1.00,× 10^{-b} s^{-1}
129 a7,5.00,Hό k7,) .00% c7,10.(,s
1j 9 a7,1.00,s k7, .0y,cm
479 b1/,N
419 1.51,Hό
439 a7,) .0y,s k7,0.155,Hό c7,b(.0,cm9s
d7,(0.0(1,/,m $^)$9s$^)$7s e7,(y.009s $^)$7s
, f7,Periodo2frecuencia,3,rapideό,m]xima,son,todos,independientes,de,la,masa,en,esta,situaciqn.,La,energía,3,la,constante,
de,fuerόa,son,directamente,proporcionales,a,la,masa.
429 a7,) L Œ2L Œ(1,+ /9L7 k7,m = (1π9b7() L9 Œ$^{19)}$2) .(/,s
4j 9 (.(),cm
379 y.1y,× 10^{1b} Hό
319 a7,

L_x
L
a
h
,

b) $\frac{dT}{dt} = \frac{\pi dM/dt}{2\rho a^2 g^{1/2}[L_i + (dM/dt)t/2\rho a^2]^{1/2}}$

c) $T = 2\pi g^{-1/2}\left[L_i + \left(\frac{dM}{dt}\right)\left(\frac{t}{2\rho a^2}\right)\right]^{1/2}$

55. $f = (2\pi L)^{-1}\left(gL + \frac{kh^2}{M}\right)^{1/2}$
57. b) 1.23 Hz
59. a) 3.00 s b) 14.3 J c) 25.5°
61. Si el ciclista pasa sobre una tabla de lavar con cierta rapidez, puede excitar una vibración de resonancia de la bicicleta, tan grande en amplitud como para hacer al piloto perder el control.
69. b) después de 42.2 minutos

CAPÍTULO 16

1. $y = 6\,[(x - 4.5t)^2 + 3]^{-1}$
3. a) la onda P b) 665 s
5. a) $(3.33\hat{\mathbf{i}})$ m/s b) −5.48 cm c) 0.667 m, 5.00 Hz d) 11.0 m/s
7. 0.319 m
9. 2.00 cm, 2.98 m, 0.576 Hz, 1.72 m/s
11. a) 31.4 rad/s b) 1.57 rad/m c) $y = (0.120\text{ m})$ sen $(1.57x - 31.4t)$ donde x está en metros y t en segundos d) 3.77 m/s e) 118 m/s²
13. a) 0.250 m b) 40.0 rad/s c) 0.300 rad/m d) 20.9 m e) 133 m/s f) $+x$
15. a) $y = (8.00\text{ cm})$ sen $(7.85x + 6\pi t)$ b) $y = (8.00\text{ cm})$ sen $(7.85x + 6\pi t - 0.785)$
17. a) −1.51 m/s, 0 b) 16.0 m, 0.500 s, 32.0 m/s
19. a) 0.500 Hz, 3.14 rad/s b) 3.14 rad/m c) (0.100 m) sen (3.14 x/m − 3.14 t/s) d) (0.100 m) sen (−3.14 t/s) e) (0.100 m) sen (4.71 rad − 3.14 t/s) f) 0.314 m/s
21. 80.0 N
23. 520 m/s
25. 1.64 m/s²
27. 13.5 N
29. 185 m/s
31. 0.329 s
35. 55.1 Hz
37. a) 62.5 m/s b) 7.85 m c) 7.96 Hz d) 21.1 W
39. $\sqrt{2}\,\mathcal{P}_0$
41. a) $A = 40$ b) $A = 7.00$, $B = 0$, $C = 3.00$. Uno puede tomar el producto punto de la ecuación dada con cada uno de $\hat{\mathbf{i}}$, $\hat{\mathbf{j}}$ y $\hat{\mathbf{k}}$. c) $A = 0$, $B = 7.00$ mm, $C = 3.00$/m, $D = 4.00$/s, $E = 2.00$. Considere el valor promedio de ambos lados de la ecuación dada para encontrar A. Luego considere el valor máximo de ambos lados para encontrar B. Puede evaluar la derivada parcial de ambos lados de la ecuación dada respecto a x y por separado respecto a t para obtener ecuaciones que produzcan C y D sobre las sustituciones elegidas para x y t. Luego sustituya $x = 0$ y $t = 0$ para obtener E.
45. ~ 1 min
47. 0.456 m/s
49. a) 39.2 N b) 0.892 m c) 83.6 m/s
51. a) La energía que porta una cresta de onda es constante en ausencia de absorción. Por lo tanto, la rapidez la tasa a la que se mueve la energía más allá de una distancia fija desde la fuente, que es la potencia de la onda, es constante. La potencia es proporcional al cuadrado de la amplitud y a la rapidez de la onda. La rapidez disminuye conforme la onda se mueve hacia agua menos profunda cerca de la playa, así que la amplitud debe aumentar. b) 8.31 m c) Conforme la profundidad del agua tiende a cero, el modelo predecirá rapidez cero y amplitud infinita. La amplitud debe ser finita conforme la onda se aproxime a la playa. Conforme la rapidez disminuye, la longitud de onda también disminuye. Cuando se vuelve comparable con la profundidad del agua, o menor, ya no se aplica la expresión $v = \sqrt{gd}$.
53. a) $\mathcal{P} = (0.050\,0\text{ kg/s})v^2_{y,\text{máx}}$ b) La potencia es proporcional al cuadrado de la máxima rapidez de elemento. c) $(7.5 \times 10^{-4}\text{ kg})v^2_{y,\text{máx}} = \frac{1}{2}m_3 v^2_{y,\text{máx}}$ d) $(0.300\text{ kg})\ v^2_{y,\text{máx}}$
55. 0.084 3 rad
59. a) $(0.707)2(L/g)^{1/2}$ b) $L/4$
61. 3.86×10^{-4}
63. a) $\frac{\mu\omega^3}{2k}A_0^2 e^{-2bx}$ b) $\frac{\mu\omega^3}{2k}A_0^2$ c) e^{-2bx}
65. a) $\mu_0 + (\mu_L - \mu_0)x/L$

CAPÍTULO 17

1. 5.56 km. En tanto la rapidez de la luz sea mucho mayor que la rapidez del sonido, su valor real no importa.
3. 0.196 s
5. 7.82 m
7. a) 826 m b) 1.47 s
9. a) 0.625 mm b) 1.50 mm a 75.0 μm
11. a) 2.00 μm, 40.0 cm, 54.6 m/s b) −0.433 μm c) 1.72 mm/s
13. $\Delta P = (0.200\text{ N/m}^2)$ sen $(62.8x/\text{m} - 2.16 \times 10^4 t/\text{s})$
15. 5.81 m
17. 66.0 dB
19. a) 3.75 W/m² b) 0.600 W/m²
21. a) 2.34 m y 0.390 m b) 0.161 N/m² para ambas notas c) 4.25×10^{-7} m y 7.09×10^{-8} m d) Las longitudes de onda y amplitudes de desplazamiento serían mayores en un factor de 1.09. La respuesta en el inciso b) no cambiaría.
23. a) 1.32×10^{-4} W/m² b) 81.2 dB
25. a) 0.691 m b) 691 km
27. 65.6 dB
29. a) 30.0 m b) 9.49×10^5 m
31. a) 332 J b) 46.4 dB
33. a) 3.04 kHz b) 2.08 kHz c) 2.62 kHz, 2.40 kHz
35. 26.4 m/s
37. 19.3 m
39. a) 56.3 s b) 56.6 km más lejos
41. 2.82×10^8 m/s
43. No es racional e implica un nivel sonoro de 123 dB. Casi toda la energía mecánica perdida se convierte en energía interna en el deslizador.
45. a) f es de unos cuantos cientos de hertz. $\lambda \sim 1$ m, duración ~ 0.1 s. b) Sí. La frecuencia se puede cerrar a 1 000 Hz. Si la persona que palmea sus manos está en la base de la pirámide, el eco puede caer un poco en frecuencia y en sonoridad conforme el sonido regresa, y los últimos ciclos provendrán de los escalones más pequeños y más distantes. El sonido podría imitar a algún ave particular y de hecho podría ser una grabación del llamado.
49. a) 0.515/min b) 0.614/min
51. a) 55.8 m/s b) 2 500 Hz
53. 1 204.2 Hz
55. a) 0.642 W b) 0.004 28 = 0.428%

57. a) El sonido a través del metal llega primero. b) (365 m/s)Δt c) 46.3 m d) La respuesta se vuelve

$$\ell = \frac{\Delta t}{\frac{1}{331\text{ m/s}} - \frac{1}{v_r}}$$

donde v_r es la rapidez del sonido en la barra. Conforme v_r tiende a infinito, el tiempo de recorrido en la barra se vuelve despreciable. La respuesta tiende a (331 m/s) Δt, que es la distancia que el sonido recorre en el aire durante el tiempo de retardo.
59. a) 0.948° b) 4.40°
61. 1.34×10^4 N
63. a) 6.45 b) 0

CAPÍTULO 18

1. a) −1.65 cm b) −6.02 cm c) 1.15 cm
3. a) $+x$, $-x$ b) 0.750 s c) 1.00 m
5. a) 9.24 m b) 600 Hz
7. a) 2 b) 9.28 m y 1.99 m
9. a) 156° b) 0.058 4 cm
11. 15.7 m, 31.8 Hz, 500 m/s
13. A 0.089 1 m, 0.303 m, 0.518 m, 0.732 m, 0.947 m, 1.16 m desde una bocina
15. a) 4.24 cm b) 6.00 cm c) 6.00 cm d) 0.500 cm, 1.50 cm, 2.50 cm
17. 0.786 Hz, 1.57 Hz, 2.36 Hz, 3.14 Hz
19. a) 350 Hz b) 400 kg
21. a) 163 N b) 660 Hz
23. $\frac{Mg}{4Lf^2 \tan\theta}$
25. a) 3 bucles b) 16.7 Hz (c) un bucle
27. a) 3.66 m/s b) 0.200 Hz
29. a) 0.357 m b) 0.715 m
31. 0.656 m y 1.64 m
33. n(206 Hz) para n = 1 a 9 y n(84.5 Hz) para n = 2 a 23
35. 50.0 Hz, 1.70 m
37. a) 350 m/s b) 1.14 m
39. (21.5 ± 0.1)m. Los datos sugieren 0.6 Hz de incertidumbre en las mediciones de frecuencia, que sólo es un poco más que 1%.
41. a) 1.59 kH b) armónicos de número impar c) 1.11 kHz
43. 5.64 batimientos/s
45. a) 1.99 batimientos/s b) 3.38 m/s
47. El segundo armónico de Mi está cerca del tercer armónico de La, y el cuarto armónico de Do bemol está cerca del quinto armónico de La.
49. a) La rapidez hacia abajo del yo-yo es dL/dt = (0.8 m/s²)(1.2 s) = 0.960 m/s. La longitud de onda instantánea de la onda de cuerda fundamental está dada por $d_{NN} = \lambda/2 = L$, de modo que $\lambda = 2L$ y $d\lambda/dt = 2\,dL/dt$ = 2(0.96 m/s) = 1.92 m/s. b) Para el segundo armónico, la longitud de onda es igual a la longitud de la cuerda. En tal caso la relación de cambio de la longitud de onda es igual a dL/dt = 0.960 m/s, la mitad que para el primer armónico. c) Un yo-yo de diferente masa sostendría la cuerda bajo una tensión diferente para hacer que cada onda de cuerda vibre con una frecuencia distinta, pero el argumento geométrico dado en los incisos a) y b) todavía se aplica a la longitud de onda. Las respuestas no cambian: $d\lambda_1/dt$ = 1.92 m/s y $d\lambda_2/dt$ = 0.960 m/s.
51. a) 34.8 m/s b) 0.977 m
53. 3.85 m/s alejándose de la estación o 3.77 m/s hacia la estación
55. a) 59.9 Hz b) 20.0 cm
57. a) $\frac{1}{2}$ b) $[n/(n+1)]^2 T$ c) $\frac{9}{16}$
59. $y_1 + y_2$ = 11.2 sen (2.00x − 10.0t + 63.4°)
61. a) 78.9 N b) 211 Hz

CAPÍTULO 19

1. a) −274°C b) 1.27 atm c) 1.74 atm
3. a) −320°F b) 77.3 K
5. 3.27 cm
7. a) 0.176 mm b) 8.78 μm c) 0.093 0 cm³
9. a) −179°C es alcanzable. b) −376°C está bajo 0 K y no es alcanzable.
11. a) 99.8 mL b) aproximadamente 6% del cambio de volumen de la acetona.
13. a) 99.4 cm³ b) 0.943 cm
15. 5 336 imágenes
17. a) 400 kPa b) 449 kPa
19. 1.50×10^{29} moléculas
21. 472 K
23. a) 41.6 mol b) 1.20 kg, casi en concordancia con la densidad tabulada.
25. a) 1.17 g b) 11.5 mN c) 1.01 kN d) Las moléculas se deben mover más rápido.
27. 4.39 kg
29. a) 7.13 m b) El extremo abierto del tubo debe estar hacia abajo después de que el ave salga a la superficie, de modo que el agua pueda drenarse. No hay otro requisito. El aire no tiende a formar burbujas en un tubo estrecho.
31. a) 94.97 cm b) 95.03 cm
33. 3.55 cm
35. Cae en 0.094 3 Hz.
37. a) La expansión hace caer la densidad. b) 5×10^{-5}(°C)$^{-1}$
39. a) $h = nRT/(mg + P_0A)$ b) 0.661 m
41. Suponga que $\alpha\,\Delta T$ es mucho menor que 1.
43. Sí, en tanto los coeficientes de expansión permanezcan constantes. Las longitudes L_C y L_S a 0°C necesitan satisfacer $17L_C = 11L_S$. Por lo tanto, la barra de acero debe ser más larga. Con $L_S - L_C$ = 5.00 cm, la única posibilidad es L_S = 14.2 cm y L_C = 9.17 cm.
45. a) 0.340% b) 0.480%
47. 2.74 m
49. b) 1.33 kg/m³
53. No. El acero necesitaría ser 2.30 veces más fuerte.
55. a) $L_f = L_i e^{\alpha\Delta T}$ b) 2.00×10^{-4}%; 59.4%
57. a) 6.17 × 10^{-3} kg/m b) 632 N c) 580 N; 192 Hz
59. 4.54 m

CAPÍTULO 20

1. (10.0 + 0.117)°C
3. 0.234 kJ/kg · °C
5. 1.78×10^4 kg
7. 29.6°C
9. a) 0.435 cal/g · °C b) No es posible hacer una identificación definitiva. El material puede ser una aleación desconocida o un material no mencionado en la tabla. Puede ser berilio.
11. 23.6°C
13. 1.22×10^5 J
15. 0.294 g
17. 0.414 kg
19. a) 0°C b) 114 g
21. −1.18 MJ

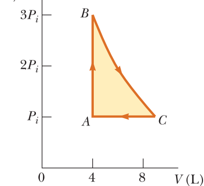
23. −466 J
25. a) $-4P_iV_i$ b) Es proporcional al cuadrado del volumen de acuerdo con $T = (P_i/nRV_i)V^2$.
27. $Q = -720$ J
29.

	Q	W	ΔE_{int}
BC	−	0	−
CA	−	+	−
AB	+	−	+

31. a) 7.50 kJ b) 900 K
33. −3.10 kJ, 37.6 kJ
35. a) 0.041 0 m^3 b) +5.48 kJ c) −5.48 kJ
37. 10.0 kW
39. 51.2°C
41. 74.8 kJ
43. a) 0.964 kg o más b) Las muestras de prueba y la superficie interior del aislador se pueden precalentar a 37.0°C conforme se ensamble la caja. Luego nada cambia en temperatura durante el periodo de prueba y las masas de las muestras de prueba y aislamiento no hacen diferencia.
45. 3.49×10^3 K
47. La intensidad se define como potencia por área perpendicular a la dirección del flujo de energía. La dirección de la luz solar es a lo largo de la línea desde el Sol hasta el objeto. El área perpendicular es el área circular plana proyectada encerrada por el *terminador*, la línea que separa día y noche en el objeto. El objeto radia luz infrarroja hacia afuera en todas direcciones. El área perpendicular a este flujo de energía es su área superficial esférica. La temperatura superficial de estado estable es 279 K = 6°C. Esta temperatura es fría, muy por abajo de temperaturas ambiente confortables.
49. 2.27 km
51. a) 16.8 L b) 0.351 L/s
53. $c = \mathcal{P}/\rho R\,\Delta T$
55. 5.87×10^4°C
57. 5.31 h
59. 1.44 kg
61. 38.6 m^3/d
63. 9.32 kW
65. a) La ecuación $dT/dr = \mathcal{P}/4\pi kr^2$ representa la ley de conducción térmica, que incorpora la definición de conductividad térmica, aplicada a una superficie esférica dentro del cascarón. La rapidez de transferencia de energía $\mathcal{P}$ debe ser la misma para todos los radios, de modo que cada trozo de material permanezca a una temperatura que sea constante en el tiempo. b) Separe las variables T y r en la ecuación de conducción térmica e integre la ecuación entre puntos en las superficies interior y exterior. c) 18.5 W d) Con $\mathcal{P}$ ahora conocida, separe de nuevo las variables e integre entre un punto en la superficie interior y cualquier punto dentro del cascarón. e) $T = 5$°C + 184 cm · °C [1/(3 cm) − 1/r] f) 29.5 C

CAPÍTULO 21

1. a) 4.00 u = 6.64×10^{-24}g b) 55.9 u= 9.28×10^{-23}g c) 207 u = 3.44×10^{-22} g
3. 0.943 N, 1.57 Pa
5. 3.21×10^{12} moléculas
7. 3.32 moles
9. a) 3.54×10^{23} átomos b) 6.07×10^{-21} J c) 1.35 km/s
11. a) 8.76×10^{-21} J para ambos b) 1.62 para helio y 514 m/s para argón
13. a) 3.46 kJ b) 2.45 kJ c) −1.01 kJ
15. Entre 10^{-2}°C y 10^{-3}°C
17. 13.5PV
19. a) 1.39 atm b) 366 K, 253 K c) 0, −4.66 kJ, −4.66 kJ
21. 227 K
23. a)



b) 8.77 L c) 900 K d) 300 K e) −336 J
25. a) 28.0 kJ b) 46.0 kJ c) proceso isotérmico: P_f = 10.0 atm; proceso adiabático: P_f = 25.1 atm
27. a) 9.95 cal/K, 13.9 cal/K b) 13.9 cal/K, 17.9 cal/K
29. El dióxido de azufre es el gas en la tabla 21.2 con la mayor masa molecular. Si las constantes de resorte efectivas para varios enlaces químicos son comparables, después se puede esperar que el SO_2 tenga menores frecuencias de vibración atómica. La vibración puede excitarse a temperatura más baja para el dióxido de azufre que para los otros gases. Alguna vibración se puede hacer a 300 K.
31. a) 6.80 m/s b) 7.41 m/s c) 7.00 m/s
35. a) 2.37×10^4 K b) 1.06×10^3 K
37. b) 0.278
39. a) 100 kPa, 66.5 L, 400 K, 5.82 kJ, 7.48 kJ, −1.66 kJ b) 133 kPa, 49.9 L, 400 K, 5.82 kJ, 5.82 kJ, 0 c) 120 kPa, 41.6 L, 300 K, 0, −909 J, +909 J d) 120 kPa, 43.3 L, 312 K, 722 J, 0, +722 J
41. b) 447 J/kg · °C concuerda con el valor tabulado dentro de 0.3%. c) 127 J/kg · °C concuerda con el valor tabulado dentro de 2%.
43. b) Las expresiones son iguales porque $PV = nRT$ y $\gamma = (C_V + R)/C_V = 1 + R/C_V$ da $R = (\gamma - 1)C_V$, de modo que $PV = n(\gamma - 1)C_VT$ y $PV/(\gamma - 1) = nC_VT$
45. 510 K y 290 K
47. 0.623
49. a) La presión aumenta conforme el volumen disminuye. d) 0.500 atm^{-1}, 0.300 atm^{-1}
51. a) 7.27×10^{-20}J b) 2.20 km/s c) 3 510 K. Las moléculas que se evaporan son excepcionales, en el extremo de alta rapidez de la distribución de magnitudes de velocidad moleculares. La rapidez promedio de las moléculas en el líquido y en el vapor es adecuada sólo a temperatura ambiente.
53. a) 0.514 m^3 b) 2.06 m^3 c) 2.38×10^3 K d) −480 kJ e) 2.28 MJ
55. 1.09×10^{-3}, 2.69×10^{-2}, 0.529, 1.00, 0.199, 1.01×10^{-41}, $1.25 \times 10^{-1\,082}$
59. a) 0.203 mol b) $T_B = T_C = 900$ K, $V_C = 15.0$ L

(c, d)	P, atm	V, L	T, K	E_{int}, kJ
A	1.00	5.00	300	0.760
B	3.00	5.00	900	2.28
C	1.00	15.0	900	2.28
A	1.00	5.00	300	0.760

e) Fije el pistón en su lugar y ponga el cilindro en un horno a 900 K. Mantenga el gas en el horno mientras gradualmente deja que el gas se expanda para levantar una carga en el pistón

tanto como pueda. Mueva el cilindro del horno de vuelta a la habitación a 300 K y deje que el gas se enfríe y contraiga.

(f, g)	Q, kJ	W, kJ	ΔE_{int}, kJ
AB	1.52	0	1.52
BC	1.67	−1.67	0
CA	−2.53	+1.01	−1.52
$ABCA$	0.656	−0.656	0

61. b) 1.60×10^4 K

CAPÍTULO 22

1. a) 6.94% b) 335 J
3. a) 10.7 kJ b) 0.533 s
5. 55.4%
7. 77.8 W
9. a) 67.2% b) 58.8 kW
11. La eficiencia real de 0.069 8 es menor que cuatro décimos de la eficiencia de Carnot de 0.177.
13. a) 741 J b) 459 J
15. a) 564 K b) 212 kW c) 47.5%
17. b) $1 - T_c/T_h$, lo mismo para un solo motor reversible c) $(T_c + T_h)/2$ d) $(T_hT_c)^{1/2}$
19. 9.00
23. 72.2 J
25. 23.1 mW
27. a) 244 kPa b) 192 J
29. a) 51.2% b) 36.2%
33. 195 J/K
35. 1.02 kJ/K
37. ~10^0 W/K de metabolismo; mucho más si usa aparatos eléctricos de alta potencia o un automóvil.
39. 5.76 J/K; la temperatura es constante si el gas es ideal.
41. a) 1 b) 6
43. a)

Resultado	Número de formas para extraer
Todas R	1
2 R, 1 V	3
1 R, 2 V	3
Todas V	1

b)

Resultado	Número de formas para extraer
Todas R	1
4 R, 1 V	5
3R, 2V	10
2R, 3V	10
1R, 4V	5
Todas V	1

45. a) 214 J, 64.3 J b) −35.7 J, −35.7 J. El efecto neto sería el transporte de energía por calor desde el depósito frío al caliente sin gasto de trabajo externo. c) 333 J, 233 J d) 83.3 J, 83.3 J, 0. El efecto neto sería conversión de energía, tomada por calor, completamente en salida de energía por trabajo en un proceso cíclico. e) −0.111 J/K. La entropía del Universo disminuiría.
47. a) 5.00 kW b) 763 W
49. a) 2 nRT_i ln 2 b) 0.273
51. 5.97×10^4 kg/s
53. a) 8.48 kW b) 1.52 kW c) 1.09×10^4 J/K d) El COP cae en un 20%.
55. a) 10.5 nRT_i b) 8.50 nRT_i c) 0.190 d) Esta eficiencia es mucho menor que el 0.833 para una máquina de Carnot que funciona entre las temperaturas usadas en este caso.
57. a) nC_p ln 3 b) Ambas piden el cambio en entropía entre los mismos dos estados del mismo sistema. La entropía es una variable de estado. El cambio en entropía no depende de la trayectoria, sino sólo de los estados original y final.
61. a) 20.0°C c) $\Delta S = +4.88$ J/K La mezcla es irreversible. Es claro que el agua caliente y el agua fría no se separan, y el cambio en entropía es positivo.